第34卷 第2期 昆虫学报 Vol. 34, No. 2
1991年5月 ACTA ENTOMOLOGICA SINICA May, 1991

云南蝠蛾属一新种及生物学特性研究*

杨大荣 沈发荣 杨跃雄 梁醒财 董大志
(中国科学院昆明动物研究所，650107)
春生 鲁自 斯那都吉
(云南省德钦县科学技术委员会，674500)

关键词 云南 蝠蛾属 人支雪山 新种 生物学特性

1985至1987年，作者于云南西北部人支雪山冬虫夏草主产地采到一批寄主昆虫，经研究，确认是该地产虫草的优势寄主之一，是蝠蛾属（*Hepialus*）一新种，并对其生活史及生态习性进行了观察，现描述和报道如下。模式标本保存于中国科学院昆明动物研究所。

一、特征描述

人支蝠蛾 *Hepialus renzhiensis* Yang 新种(图1—3)

（一）成虫 雄虫体长13.5 mm，翅展34 mm。雌虫体长13.8 mm，翅展38 mm。头被毛，无鳞片，颜和颊被黑毛，复眼黑棕色，下唇须短，喙退化，触角丝状，鞭节21节。体黑褐色，前翅具铁锈色鳞片，外线粗短，剑状纹带状，环纹和肾纹不明显，中室不封闭，R_5脉与M_1脉之间无横脉相连，Cup脉不达翅外缘，仅达翅的中部，在Cup脉的中段分别有横脉与M_3和A脉相连；后翅中室亦不封闭，在R_5脉与M_1之间亦无横脉相连，Cup脉伸达翅外缘。各足爪发达，弯曲，爪垫边缘有细毛。雄性外生殖器抱器瓣宽扁，密生毛，背兜端部明显骨化，边缘有锯齿状细齿，基腹弧上圆弧形凸起，下缘凹；雌外生殖器交尾口下部突起呈三角形，其上被长毛。

人支蝠蛾与虫草蝙蝠蛾 *H. armoricanus* Oberthür 不同点：本种前翅具铁锈色鳞片，Cup脉上有横脉与M_3和A脉相连；雄外生殖器抱器瓣密被毛，背兜端部明显骨化，边缘并具有细齿，囊形突下缘内凹，抱器瓣钩比后种宽大。与近似种白马蝠蛾 *H. baimaensis* Liang 不同点，本种前翅Cup脉上有横脉与M_3脉相连；雄外生殖器背兜端边缘有明显的细齿状；囊形突下缘内凹。

正模♂，配模♀，副模12♂，18♀；云南德钦县人支雪山，1985—1987。VI. 16—28，杨大荣、春生、鲁自采。

（二）卵 椭圆形，长约1 mm，初产为乳白色，渐呈乳黄色、黄褐色，10—12小时后

本文于1988年2月收到。
* 国家自然科学基金和云南省科学技术委员会资助项目。

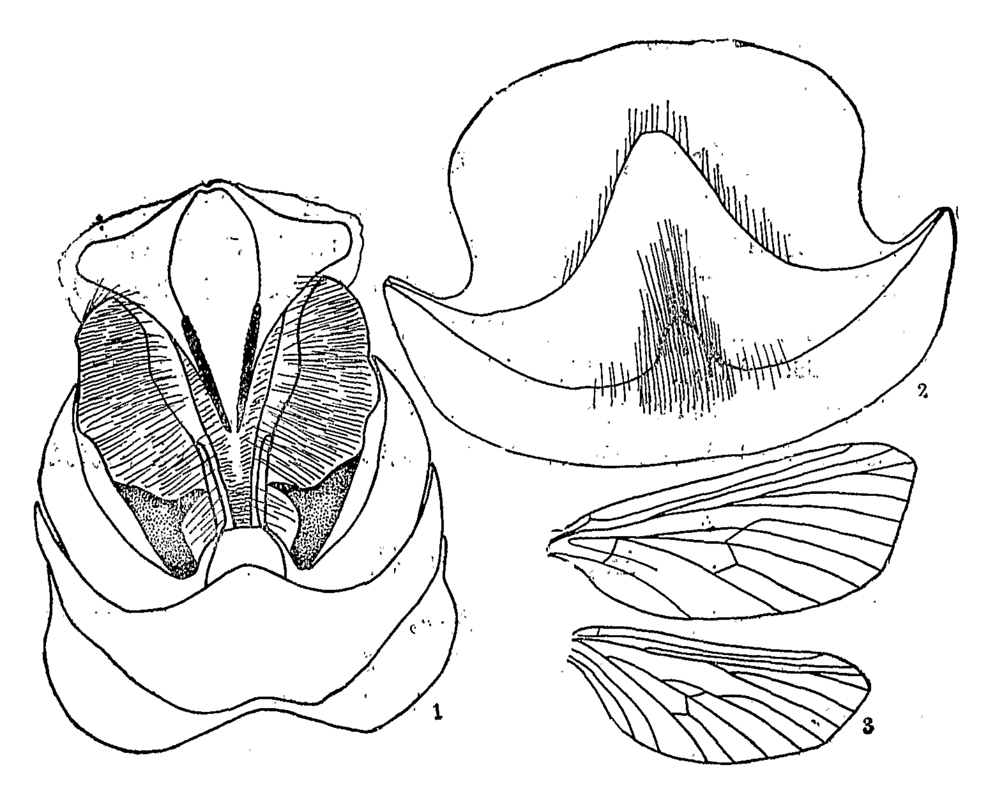


图 1—3　人支蝠蛾 *Hepialus renzhiensis* sp. nov.
1.雄性外生殖器；2.雌性外生殖器；3.翅脉。

黑色。卵粒散产于土表上。

（三）幼虫　幼虫共六龄，各龄体长与头壳宽(表 1)。老熟幼虫头深黄色，体乳白色至灰黄色，无明显斑纹。单眼 6 个位于头部侧下方。胸部第 2—3 节各节间又分为 3 小节；胸足黄褐色，足粗壮，不尖利。腹部 1—7 节各节又分为 4 小节；气门筛灰黄色，围气门片褐色；腹足乳黄色，趾钩为多行环。

表 1　人支蝠蛾幼虫不同龄期的体长与头壳宽（单位：mm）

各龄幼虫的变化	1	2	3	4	5	6
体长幅度	4.8—12.2	12.8—23.5	24.0—29.5	30.0—38.5	39.0—44.5	42.5—46.8
平均体长	8.55	18.05	26.50	35.53	42.82	44.64
头壳宽幅度	0.5—0.7	0.8—1.2	1.3—1.6	1.7—2.4	2.6—3.5	3.6—4.4
头壳平均宽度	0.62	1.15	1.43	2.25	3.24	3.68

（四）蛹　体长 28.5—34.0 mm。红褐色和深棕色，头顶有 2 个角状突，触角短伸向两侧。胸部占整个蛹长的 1/3。蛹背面从第 3 到 7 节间，每节具两列褐色骨化小齿——横列。腹末平整无臀棘；腹面第七节有一横列骨化小齿明显凸起。

二、生　活　史

人支蝠蛾在滇西北海拔 3950 m 的人工饲养基地自然温度下，1001.7 天完成一个世

代。幼虫世代重叠,以幼虫越冬。

（一）**卵期**　地表月平均温 12.4℃ 时,为 48.6 天。于 8 月中、下旬孵化。自然孵化率为 75.5—96.2%。

（二）**幼虫期**　合计 890.8 天。一龄 71.2 天, 10 月中旬蜕皮进入二龄。二龄 186.5 天,越冬到次年 5 月中旬蜕皮,实际生长和活动期 79.6 天。三龄 88.3 天,在 7 月下旬至 8 月中旬蜕皮。四龄为 214.5 天,越冬到下一年的 5 月上、中旬蜕皮,实际生长与活动期为 102.7 天。五龄为 89.5 天,于 8 月上、中旬蜕皮。六龄为 240.8 天,越冬到次年 4 月下旬至 5 月上旬进入预蛹期,实际生长和活动期为 113.8 天。

（三）**蛹期**　55.7 天。其中预蛹在生活土层 (2—8 cm) 平均地温 8.5℃ 时, 12.2 天;蛹期在平均地温为 10.4℃ 时, 43.5 天。于 6 月中、下旬羽化为成虫。

（四）**成虫期**　3—8 天,平均 6.6 天。成虫于每年 6 月上旬始见, 6 月下旬为羽化高峰期。

三、生态习性

人支蝠蛾是云南主产冬虫夏草的优势寄主之一,主要分布于滇西北德钦县的人支雪山和白马雪山之中,分布海拔 3880—4750 m,最适分布海拔 4100—4600 m 之间。该虫一生中除成虫期外,都生活于土壤里,最适生活土壤是高山草甸土;次之是高山流石滩与草甸混合土;再次之是高山漂灰土;其他土壤中罕见分布。最适土壤 pH 值为 5.0—6.5 之间。

（一）**成虫**　为不需补充营养型,成虫期的活动均以交配、产卵繁殖后代的生殖活动为中心。该虫一日中在 17:00—21:00 时之间羽化,尤其在 18:00—20:00 时为多;羽化高峰期为 18:40—19:30 时。最利于羽化的平均地表温为 14.6℃,大气平均温 8.5℃,相对湿度 75—95% 之间,土壤含水量在 40—55% 时,羽化率为 78.9—92.4%。雌雄性比为 1:0.92。

成虫羽化前,蛹头部与土表平行。羽化时,蛹靠外壳腹部横齿列固定在土室口,成虫则不停地蹬动,蛹壳逐渐由头、胸面破裂,在足的蹬动下,头胸足首先蜕壳而出,再由后足向蛹壳猛蹬几下,羽化完成,然后爬上附近的植株,不断振动卷缩的翅膀展翅,约 30 分钟展翅完毕,立即向四周寻找配偶交配。交配高峰期为 19:00—20:30 时,此时雪山阳光尚未落尽,还有部分散射阳光,占交配总数的 70.5%;深夜 23:00 时后,罕见有继续交配的成虫。交配时间平均为 52.4 分钟,最短 21 分钟,最长可达 330 分钟。交配前,雌虫大多攀附于植株上,振翅引诱雄虫;雄虫则多朝落日向离地面约 0.6—1.0 m 地方急速飞行找配偶,寻到雌虫,在植株四周急速旋转,而雌虫则加速振翅摆尾,时而有乳白色分泌物甩出,约 3—5 分钟,雄虫爬上植株,开始交配。交配时,雌虫朝上,雄虫则朝下倒挂与雌虫成垂直,静止不动,在人为刺激下,则由雌虫拖着雄虫移动。交配结束后,雄虫主动离去,附于周围植株中不动。该虫雌雄都仅交配一次。雌虫能分泌性激素引诱雄虫,而雄虫则不能引诱雌虫。雄虫能趋灯光,而雌虫则罕见趋光。

交配后 15—40 分钟,雌虫开始排卵,产卵时,攀附于植株根部,缓慢振动着翅,尾部左右甩动,将卵一粒粒喷射出来,散产于土表,每甩动一次可排卵 8—35 粒不等,当产卵停息

间，成虫有用足和尾部扫土盖卵的习性，然后就近距离飞翔(一般 50 cm 至 2m)，转移另一地产卵，所以卵呈核心型分布。产卵时间多为 19:00—24:00 时之间，白天潜伏于植株、石块暗处不产卵。产卵高峰期为羽化的当晚，其产卵量占一生总产卵量的 56—75%，随着羽化期的延长，产卵量直线下降，第四天以后，已罕见继续产卵的雌虫。雌虫交配与否均能产卵，但交配虫产卵量明显高于未交配蛾 30.5—58.5%；未交配虫常有 40% 左右的卵余在腹内。雌虫怀卵最多达 918 粒，最少为 586 粒，平均 762.9 粒。产卵量平均为 591.2 粒，最多 754 粒，最少为 147 粒。

成虫寿命较短，雌虫平均为 6.8 天 (3—8 天)；雄虫平均为 5.6 天 (3—7 天)。

(二) 卵 卵粒在蛹后期已全部形成。成虫羽化当晚在羽化地附近交配产卵。刚产下的卵乳白色，受精卵产后 1 小时左右为乳黄色，2—4 小时为棕黄色，约 10 个小时后变为黑色。未授精卵也能变色，但变色时间比授精卵缓慢，10 小时后变为乳黄色，20—24 小时后才变黑色。而有极少数未完全成熟卵不变颜色。未授精卵不孵化。

卵在一日中孵化时间为上午 9:00 时始见，10:00—11:00 时为孵化高峰期，中午 13:00 时后孵化减少，晚上未见孵化。卵的平均孵化率为 91.3%。

卵孵化最适温度为 15—20℃，而在自然界中 8℃ 时就能正常孵化。当温度低于 5℃ 或高于 25℃ 时，孵化率减少；低于 2℃ 或高于 28℃ 时，持续两天后，大量死亡。土壤含水量为 40—48% 之间，最适于卵生活和孵化。

(三) 幼虫 孵化时，幼虫用口器将卵壳啃咬一小洞，即从小洞爬出。出壳后就在土表四处爬动，有的爬到植株叶片上，又垂丝而下，盲目爬动 2 至 4 小时后，才逐渐钻入 3—5 cm 深的土层内，开始营造隧道。幼虫孵化后约 26—40 小时才开始取食鲜嫩植根，取食特性与其他冬虫夏草寄主虫相同(杨大荣等，1987)。

1. 幼虫对土壤温湿度的适应范围

人支蝠蛾生存的雪山草甸土壤气候明显地存在着周期性冻融特点，11 月上旬至下年 4 月下旬，其生活土层完全冻结，5 月上旬解冻融化；还有夜冻昼融的特殊现象，在海拔 4500 m 以上的地区，5—10 月冰雪融化的季节中，早晨 3:00—8:00 时，表土出现冻结。这种气候条件造成该虫具有耐寒力强、生长发育缓慢、冬季停止生长发育的特性。

幼虫在每年的 11 月上旬进入越冬期。10 月中、下旬，随着雪山上温度下降，幼虫停止取食，隧道距土表 3—5 cm 顶端处，被虫用粪便和土严实塞住，形成坚硬的土层，然后整个隧道也进行了加固，内壁成光滑而土粒紧密的封闭室，与夏季的疏松、粗糙隧道截然相反。冬季，越冬幼虫都处于冻土层内越冬(表 2)。

该虫越冬期间由于不同龄期的生理状况不同，活动能力有差异，所处土壤层次和温度也不相同。1—3 龄个体小，活动范围窄，筑隧道进度慢，所以大多在地温为 0—−4.2℃，深度为 8—18 cm 的隧道里越冬，少数可在地温为 −6.8℃、深为 3—5 cm 土层中越冬。在土层较浅处的虫处于休眠状态，停止了活动。4—6 龄活动能力强，筑隧道深，大多数在 18—35cm 深的土层越冬，最冷的 1—2 月份地温月平均处于 −0.7—−1.6℃ 中，虫不呈休眠状态，仅仅是停止取食和活动缓慢。该虫一年中越冬期长达 153—198 天。

当深约 5 cm 的土层地温达 2.5℃ 时，幼虫开始活动；地温升到 7.8—18.5℃ 时是取食活动与生长发育最好时期；温度高于 20—25℃ 时幼虫出现不安和互相残杀，25—30℃时，

表 2 人支蝠蛾幼虫越冬期生活层次的地温 (白马雪山,海拔 3950m)

深度(cm)	11 月 (℃)				12 月 (℃)				1 月 (℃)			
	上旬	中旬	下旬	平均	上旬	中旬	下旬	平均	上旬	中旬	下旬	平均
5	1.9	0.7	0.5	1.1	−0.4	−1.0	−3.1	−1.5	−4.2	−3.2	−3.0	−3.5
10	3.1	1.6	1.2	2.0	0.4	−0.3	−2.0	−0.6	−3.0	−2.5	−2.4	−2.6
15	3.6	2.2	1.6	2.4	0.8	0.3	−0.9	0.1	−2.3	−1.9	−1.9	−2.0
20	4.1	2.7	2.2	3.0	1.4	0.8	0.0	0.8	−2.0	−1.7	−1.1	−1.6
25	4.3	2.8	2.4	3.2	1.5	0.9	0.1	0.8	−1.5	−1.5	−1.2	−1.4
深度(cm)	2 月 (℃)				3 月 (℃)				4 月 (℃)			
	上旬	中旬	下旬	平均	上旬	中旬	下旬	平均	上旬	中旬	下旬	平均
5	−2.9	−2.5	−1.3	−2.3	−1.4	−0.6	−0.4	−0.8	0.9	2.3	5.3	2.8
10	−2.5	−2.1	−1.8	−2.2	−0.9	−0.5	−0.1	−0.5	0.4	1.7	4.7	2.3
15	−2.3	−2.3	−1.7	−2.1	−1.2	−1.0	−0.2	−0.8	0.2	1.1	4.1	1.8
20	−0.9	−0.9	−0.3	−0.7	−1.0	−0.9	−0.1	−0.7	0.1	0.6	3.6	1.4
25	−0.8	−0.8	−0.4	−0.7	−0.6	−0.7	0.1	−0.5	0.2	0.8	3.5	1.5

兴奋跳跃，10 小时后出现死亡。温度低于 2.0℃ 时，活动和取食量下降，持续半月后停止取食；低于 −1.5℃ 时活动缓慢；−2.5℃ 时停止活动。但越冬虫在土壤中，放于 −8.0℃ 情况下恒温处理，两个月也不死亡。

幼虫对土壤湿度的适应范围是：适宜含水 32—50% 之间生活，最适 40—45%。低于 30% 时向隧道深处转移；低于10%时 10 天后出现死亡。当含水量高于 50% 时，向土表隧道口转移，当达 60% 的含量时，虫头伸出地面，若持续 5 天后，则大量死亡。

2. 幼虫受天敌的危害

幼虫由于生活历期极长(达两年多)，所以受天敌侵害也特别严重，在人工半自然饲养和野外，能从一龄成长到预蛹的成活率仅达 35.6—57.5%。其中寄生性天敌危害最为严重，占总死亡率的 78.2%。寄生性天敌中，病菌寄生占 46.7%，1—3 龄期间，主要以真菌束孢霉类 *Cephalosporium*、*Insecticolus* 等寄生为主；4—6 龄期间以虫草菌 *Cordyceps sinensis* 和拟青霉 *Paecilomyces* 等菌寄生为主。天敌昆虫寄生占 13.8%，主要在 5—6 龄期受悬茧蜂 *Meteorus* sp. (新种，待发表)寄生。线虫寄生率占 17.7%，主要是索氏线虫 *Hexamermis sp.* 寄生。其次是捕食性天敌的危害，占总死亡率的 15.0%，主要有虎甲 *Cicindela sp.* 和步甲 *Carabus sp.* 等种类。刚孵化幼虫在未入土前也常受黑蚂蚁和鸟类的危害和捕食。

自然失踪和死亡率占 6.8%。

3. 幼虫被虫草菌感染时期与感染率

幼虫被虫草真菌感染后形成的虫、菌结合体、是人们熟知的珍贵药材冬虫夏草。该病源主要以子囊孢子粘附于蜕皮的大龄虫体壁皱折处和侵入气门的方式进行感染。如前所述，幼虫每年有两次蜕皮期，第一次是 4—5 月份，该期间土壤里无成活的子囊孢子，幼虫不被寄生。第二次蜕皮是 7—8 月份，正碰上前一年秋季感病后，越冬到这一年春夏长出地面的冬虫夏草子囊孢子成熟落地盛期，幼虫正是在该期内被寄生。子囊孢子粘附于刚蜕

皮和活动时表皮被摩擦损伤的幼虫体上，由于当时正是雪山草甸温湿度最高季节，大气相对湿度 75—100%；土壤含水量 45—55%；大气月均温 11.9—14.2℃；5—10cm 的地温为 10.8—14.6℃，正适宜虫草菌萌发生长，孢子 3—5 天萌发出小芽管，穿入尚未键全皮肤功能的嫩表皮和损伤表皮，进入体腔繁殖，直接吸收幼虫体内丰富的蛋白质等养分，最后菌丝充满幼虫体腔，致使虫体新陈代谢机能完全丧失，临死前，幼虫爬至隧道口 3—5 cm 处，头向上死亡。7—10 天后，由于菌丝猛烈吸收水份，死虫伸直僵硬。10 月中、下旬，僵虫头部"Y"型头壳缝裂开，长出 0.1—1.0 cm 的子座芽，11 月上旬，土壤自上而下开始冻结，子座芽停止生长，进入越冬休眠期。次年 4 月下旬，冰雪融化，土壤从内部和表层同时解冻，在雪水高湿和温度逐日增高中，子座迅速长出地面，到 5 月下旬至 6 月中旬，子座长到 3—5 cm 时，正是作为药用冬虫夏草的采挖黄金季节。6 月下旬大部分子座有孕部膨大变黑，子座中心和僵虫逐渐变空；7 月中、下旬，僵虫腐烂，子囊孢子成熟弹落入土；8 月中旬，僵虫全部腐烂，子座成了无根植株，随风吹走和倒伏。人支蝠蛾在产地被虫草菌寄生的自然感染率为 5.4—16.1%。

（四）蛹　老熟幼虫在化蛹前把上半部隧道加宽，做成光滑土室化蛹。土室上下不封闭，蛹能随温度的变化在室内上下活动。蛹初期喜在较深的土室底层，接近羽化期则向土表转移，把头伸出地面羽化。在自然环境中，蛹适宜在月平均地温 11.2—12.9℃，土壤含水 40—45% 的温湿度中生长。在室内，温度 16—18℃，相对湿度 85% 时，生长成活率最高。当温度高于 25℃ 和低于 8℃，土壤含水量高于 55% 和低于 35%，对蛹的生长和羽化都不利。在人工饲养中蛹羽化率平均为 84.7%。

参 考 文 献

朱弘复、王林瑶　1985　冬虫夏草与蝙蝠蛾。动物学集刊　第三集　121—134。
梁醒财、杨大荣等　1988　云南蝠蛾 *Hepialus* 四新种。动物学研究 9(4):
杨大荣、龙勇诚等　1987　云南虫草蝙蛾生态学研究 I. 区域分布和生态地理分布。动物学研究 8(1): 1—11。
Dey, D. 1979 A late ghost swift: *Hepialus humuli* (L.) Entomologist's Rec. J. Var. 91(2—3): 77.
Inoue, H.; Sugi. S.; Kuroko, H.; Moruti, S.; Kawabe, A. 1982 Moths of Japan. Volume I. Text. Volume 2. Plates and Synonymic Catalogue. Kodansha, Tokyo.

BIOLOGICAL STUDIES AND NOTES ON A NEW SPECIES OF THE GENUS *HEPIALUS* FROM YUNNAN, CHINA

YANG DA-RONG SHEN FA-RONG YANG YAO-XIONG LIANG XING-CHAI DONG DA-ZI

(Kunming Institute of Zoology, Academia Sinica, 650107)

CHUN SHENG LU ZI SINADUJI

(Science and tecnology Councial of Deqin County, Yunnan Province 674500)

In our recent studies, a new species of the genus *Hepialus* has been found in the northwestern part of Yunnan, China, and its biology has been studied. All type specimens are deposited in Kunming Institute of Zoology, Academia Sinica.

Hepialus renzhiensis **Yang et al. sp. nov.** (fig. 1—3)

Adults: body length: ♂ 13.5 mm. wing length: 17.0 mm. body length: ♀ 13.8 mm. wing length: 19.0 mm.

The body colour is dark brown, there are stain scales on the forewing, no cross vein between the vein of R_5 and M_1. Differs from *H. armoricanus* in Cup of forewing not reaching to termen, with 2 cross veins on both sides. Palps present; male genitalia as shown in Fig. 1 Egg: The shape is ellipse, the diameter is about 1 mm. Larvae: 6 instar, the body length and head width of per instar as table 1. Pupae: body length 28.5—34.0 mm, male red brown and female dark brown.

Life history: egg period 48.6 days. Larvae period 890.8 days. Pupae period 55.7 days. Adult period 3—8 days, often appear in the end of June.

Ecology: This species is mainly distributed on the Renzhi and Baima snow mountain, altitude from 3880—4750 m, the most suitable altitude from 4100—4600 m. The most suitable soil is mountain meadowhumus soil.

Key words Yunnan——*Hepialus* Renzhi——snow mountain——new speces——biological